

# SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL PLOMO COMO AISLANTE ACUSTICO

## INTRODUCCION

Con motivo de la Reunión Internacional de Fabricantes de Plomo y Cinc, que tuvo lugar recientemente en Madrid, organizada por el Patronato "Juan de la Cierva", de Investigación Científica y Técnica, y en la cual se expusieron entre otros aspectos del uso de estos metales, las aplicaciones de tipo acústico del plomo, fuimos invitados a exponer nuestra experiencia en esta aplicación.

La Revista ARQUITECTURA nos presta amablemente ahora su colaboración para presentar nuestra conferencia, dándonos así la oportunidad de corresponder al interés que demostraron por nuestra exposición los que a ella asistieron.

En el campo de la Arquitectura la Acústica plantea dos problemas completamente distintos: a) El acondicionamiento acústico "interior" del Espacio, para unas condiciones óptimas en función de su utilización (Inteligibilidad de la palabra, brillantez y definición musical, nivel sonoro adecuado, etc., etc.). En este aspecto el plomo no tiene más que un posible efecto secundario; y b) Aislamiento acústico en el sentido de evitar la "entrada" de señales extrañas, no deseadas, en el Espacio Arquitectónico. Aquí es donde el plomo tiene un papel importante, y del cual nos vamos a ocupar.

**Aislamiento acústico.**—Puesto que se trata de utilizar las características del plomo como aislante acústico, conviene en primer lugar recordar que entendemos por aislamiento acústico analizar después las variables físicas que intervienen en el fenómeno y constatar teórica y prácticamente la idoneidad del plomo a estos fines.

De los distintos problemas de aislamiento nos vamos a centrar, como caso tipo, en las propiedades aislantes de tabiques, paredes o muros que separan dos habitaciones (Fig. 1).

De entre todas las señales que procedentes de A pueden llegar a B, nos referiremos a las transmitidas por la pared de separación, como consecuencia de su excitación por sonido aéreo en el espacio A.

Esta simplificación del problema permite hacer medidas normalizadas

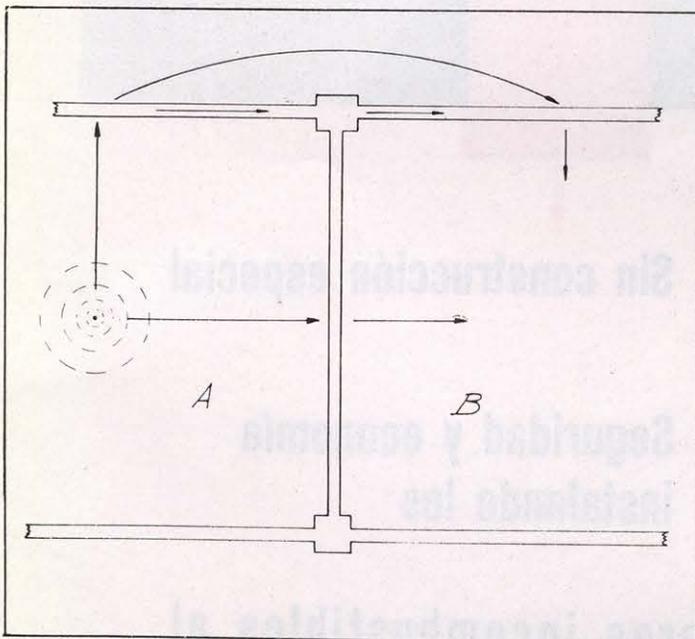


Fig. 1.

de aislamiento en Cámaras-Laboratorio (Fig. 2) y comprobar así los cálculos teóricos sobre el comportamiento aislante de diferentes materiales y estructuras.

El aislamiento de un panel se mide por la "PERDIDA DE TRANSMISION" que introduce.

Si  $W_1$  es la potencia acústica incidente, y  $W_2$  la transmitida, la relación de potencias, expresada en decibelios, es la Pérdida de Transmisión PT.

$$PT = 10 \log \frac{W_1}{W_2} \text{ db.}$$

Así, una disminución de potencia de 1.000 supone una Pérdida de Transmisión de 30 db.

Tanto en habitaciones de viviendas, como en las Cámaras-Laboratorio, el problema reside en evaluar las potencias  $W_1$  y  $W_2$ .

La variable física del campo acústico, o de la onda sonora, detectada, con toda generalidad, por su mayor facilidad, por los aparatos de medi-

das acústicas, es la presión. A partir de ella, los medidores de nivel sonoro dan el NIVEL DE PRESION SONORA (NPL), en el campo acústico, en decibelios, referido al nivel cero db., correspondiente a una presión  $p_0 =$

$$NPL = 10 \log \frac{p}{p_0} \text{ db } p_0 = 0,0002 \text{ dinas/cm}^2$$

De esta forma se miden directamente los niveles de presión sonora en la habitación A y B:  $NPL_1$  y  $NPL_2$ . La diferencia entre estos niveles

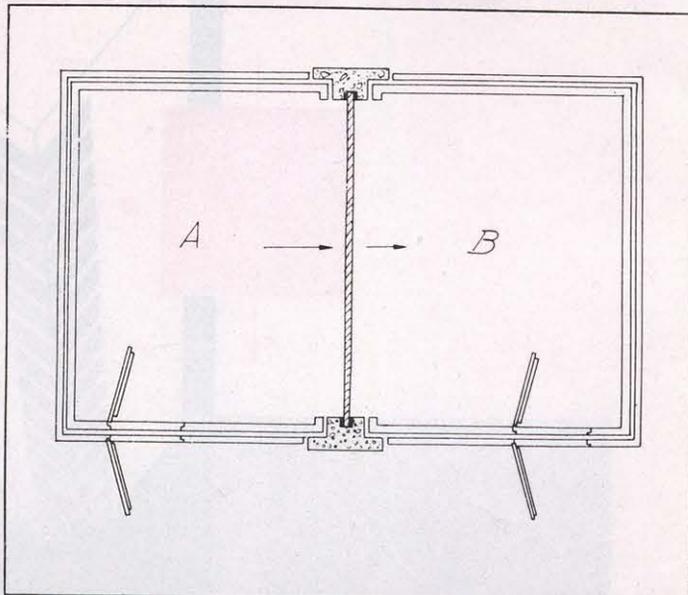


Fig. 2.

de presión sonora corresponde a la REDUCCION DE RUIDO introducida por el tabique separador.

En la fórmula de la Pérdida por Transmisión,  $W_2$  es la potencia acústica que pasa a través de la pared separadora. Esta potencia da lugar a un Nivel de Presión Sonora  $NPL_2$  distinto según sean las características de la sala receptora. Si la sala es poco absorbente, el Nivel sube hasta lograr un equilibrio, ya que al no ser absorbida toda la energía transmitida ésta se va acumulando. Las condiciones necesarias para medir directamente  $W_2$  serían las de absorción total en la sala receptora o, lo que es lo mismo, condiciones de campo libre. Como estas condiciones no se dan ni en las viviendas ni en el laboratorio, a la diferencia de Niveles de presión Sonora  $NPS_1 - NPS_2$  hay que añadir una cantidad función de las características absorbentes de la sala receptora, quedando para expresión normalizada de la Pérdida por Transmisión.

$$PT = NPS_1 - NPS_2 + 10 \log \frac{10}{A}$$

en que A es el número de unidades de absorción de la sala receptora en  $m^2$ , obtenido por  $A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 \dots$ , siendo  $\alpha_1 \alpha_2$  los coeficientes de absorción de las superficies  $S_1 S_2$  de la Sala.

## COMPORTAMIENTO ACUSTICO DE UN PANEL

Al ser excitado un panel por un campo acústico, se producen en él ondas longitudinales, de torsión, superficiales y transversales. De todas estas ondas, las que más influyen en cuanto a radiación en la superficie opuesta son las ondas transversales, llamadas de curvatura (bending waves), cuya componente normal a la superficie es responsable de esta radiación.

En la fig. 3 se hace una representación cualitativa de un panel excitado por una onda sonora, apareciendo la onda incidente, la onda de curvatura y las ondas reflejadas y transmitidas por el panel.

Las ondas de curvatura son ondas transversales que se propagan en la dirección paralela al plano del panel, cuyo comportamiento elástico corresponde con el de una placa indefinida, hasta una determinada frecuencia, que llamaremos crítica. La velocidad de propagación  $C'$  de estas ondas depende de la frecuencia y viene dada por la relación

en la que  $d$  espesor de la pared  
 $f$  frecuencia de la onda sonora incidente  
 $C_L$  Velocidad de propagación del sonido en el material de la pared (Ondas longitudinales).

La velocidad de propagación  $C_L$  es independiente de la frecuencia y sólo función de las características físicas del material

$$C_L = \sqrt{E/\rho}$$

en la que  $E$  = Módulo de Young

$\rho$  = Densidad

la velocidad de propagación de las ondas de curvatura vale, pues,

$$C' = \text{Cte.} \sqrt{d \cdot f \cdot \sqrt{E/\rho}}$$

Las longitudes de onda correspondientes en el aire y en el panel son:

$$\lambda_a = c/f \text{ y } \lambda_c = C'/f = \text{Cte.} \frac{10^4}{d} \sqrt{\rho/E}$$

La relación, pues, entre ambas longitudes de onda no es constante, constituyendo el panel un medio dispersivo.

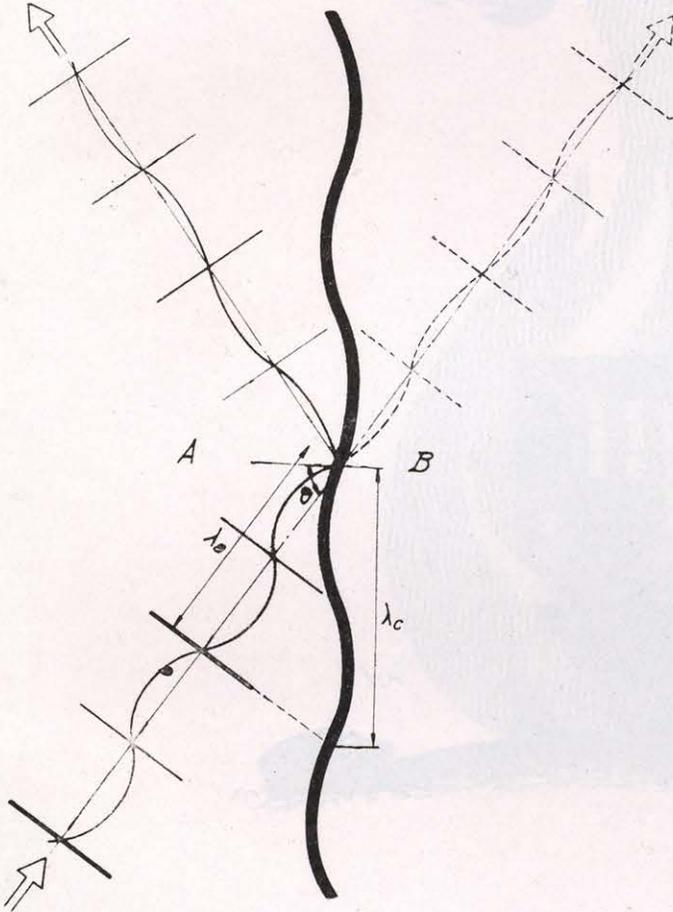


Fig. 3.

#### FRECUENCIA CRITICA

Para cada espesor de pared  $d$  hay una frecuencia a la cual coinciden la longitud de onda en el aire y la correspondiente onda libre excitada en el panel. Esta frecuencia es la de vibración propia del panel. Cuando el panel es excitado con esta frecuencia, la amplitud de las ondas de curvatura es máxima, produciéndose una máxima transmisión de potencia a través del panel.

#### PERDIDA DE TRANSMISION EN FUNCION DE LA FRECUENCIA

Para frecuencias inferiores a la crítica el panel se comporta como un conjunto de masas independientes, es decir, como una placa ilimitada sin condiciones de contorno, y la pérdida de transmisión se demuestra que obedece a una expresión de la forma

$$PT = 10 \log [1 + (wM/2 \rho c)]^2, \text{ db}$$

Esta es la conocida ley de la masa, según la cual el aislamiento aumenta en 6 db. cada vez que se dobla la Masa del panel. Como el mismo aumento ocurre con la frecuencia, resulta que hasta la frecuencia crítica el aislamiento de paneles en función de la frecuencia viene representado por rectas paralelas con una pendiente de 6 db. por octava (Fig. 4).

A partir de la frecuencia crítica, para cada ángulo de incidencia hay una frecuencia en la que coinciden la proyección de la longitud de onda

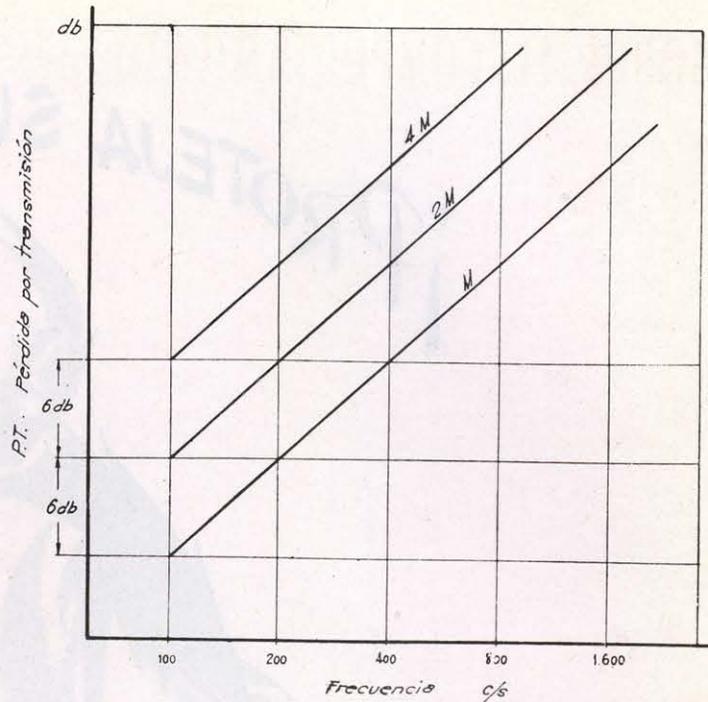


Fig. 4.

en el aire con la longitud de onda libre de curvatura, como claramente se aprecia en la fig. 3, y que corresponde con la igualdad

$$\lambda_c = \lambda_a / \text{sen } \theta$$

Como la excitación de la cara anterior del panel se verifica dentro de un campo acústico difuso, es decir, que las ondas inciden sobre el panel en todas direcciones, resulta que para frecuencias superiores a la crítica, o propia del panel, éste vibra con mayor amplitud, por nuevo efecto de coincidencia para frecuencias incidentes con distintos ángulos.

Este fenómeno llamado de "coincidencia" da lugar a un cambio en la curvatura de transmisión que muestra una especie de "plató", con descenso a partir de la frecuencia crítica. La transmisión en esta zona de frecuencia está limitada por el amortiguamiento interno y en los soportes (contorno) del panel.

Para frecuencias más elevadas el aislamiento vuelve a aumentar y ahora con una pendiente superior a la parte anterior a la frecuencia crítica.

(Continuará.)

ANDRES LARA SAENZ,  
Ingeniero Electromecánico ICAI.  
Director del Instituto Leonardo Torres Quevedo  
de Instrumental Científico.

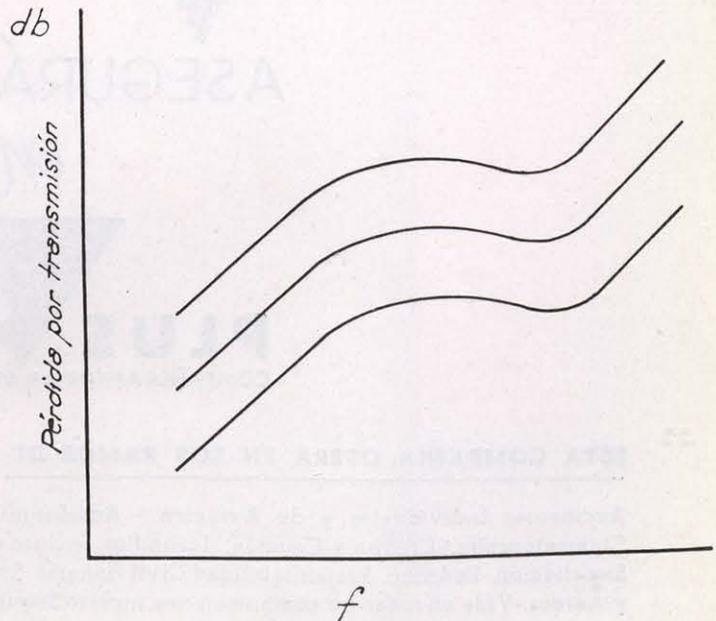


Fig. 5.